

0726399 1

На правах рукописи

ЦАРЕВ ЛЕОНИД СЕРГЕЕВИЧ

УДК 681.327.8

**ИНТЕГРАЦИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНО-
ПРАКСЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИХ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

Специальность 05.12.13 «Системы, сети и устройства
телекоммуникаций»

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Казань 2001

Работа выполнена на кафедре радиуправления Казанского
государственного технического университета им. А.Н.
Туполева

Научный руководитель: заслуженный деятель науки
РФ, доктор технических наук,
профессор Я.С. Урецкий

Научный консультант: доктор физико–математических
наук А.Ф. Надеев

Официальные
оппоненты: доктор технических наук,
профессор Глова В.И.

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА
КФУ



кандидат технических наук
Гусев В.Ф.

Ведущая организация: ФГУП «НИИ Радио» г. Москва

Защита состоится «___» _____ в _____ часов на
заседании диссертационного совета Д 212.079.03 при Казанском
государственном техническом университете им. А.Н. Туполева
по адресу: 420111, Казань, ул. К. Маркса, 10

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан «___» _____

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук

Г.И. Щербаков

Актуальность темы. Построение интегрированных сетей связи позволяет повысить эффективность предоставляемых пользователям телекоммуникационных услуг. Интеграция систем возможна на основе синтеза их взаимодействия с определенными характеристиками.

Вопросы взаимодействия систем рассматривались в работах по теории состязаний (Булдинг, Саати), теории игр (Крон Г., Хакен Г., Райфа Г., Кини Р.), квалиметрической теории конфликта (Дружинин В.В., Конторов Д.С.), теории потенциальной эффективности (Флейшмана Б.С.), а также в работах посвященных методам декомпозиции взаимодействий (Пельцвергера Б.В.). Общим недостатком указанных исследований является слабое отражение вопросов синтеза взаимодействия и проектирования интегрированных телекоммуникационных систем.

В работах Я.С. Урецкого был предложен метод морфологического функционально - праксеологического описания систем и проблем их создания. В рамках рассматриваемого подхода описание и моделирование проблем проектирования технических систем основаны на анализе отношений между двумя участниками: «заказчиком» и «разработчиком» и получаемая при этом модель является моноконцептуальной. На основе использования указанного метода возможно синтезировать сложные технические системы.

Особенность телекоммуникационных систем (ТКС) состоит в том, что на всех этапах ее жизненного цикла требования к ней формируют несколько участников: потребитель информации, оператор связи, информационный ресурс и администрация связи. Указанные требования множества участников являются противоречивыми. Учитывая тот факт, что каждый участник формирует свои требования, то есть определяет частную концепцию ТКС, то полученная модель проблемы будет поликонцептуальной.

Для проектирование интегрированных телекоммуникационных систем необходимо разработать методы позволяющие осуществлять синтез взаимодействия. При этом они должны быть основаны на использовании поликонцептуальной системной модели проблемы. Таким образом, актуальной является задача разработки методов интеграции телекоммуникационных систем на основе использования морфологического функционально – праксеологического описания систем и проблем.

Цель диссертационных исследований заключается в повышении эффективности телекоммуникационных систем на основе их интеграции.

Для достижения поставленной цели в диссертации решена задача разработки методов синтеза интеграционного взаимодействия телекоммуникационных систем на основе морфологической функционально - праксеологической модели взаимодействия.

Частные задачи диссертационных исследований состоят в разработке:
– модели телекоммуникационной системы, на основе ее морфологического функционально - праксеологического описания;

- поликонцептуальной системной модели проблемы создания и использования телекоммуникационных систем на основе полученной модели системы;
- модели взаимодействия телекоммуникационных систем на основе модели телекоммуникационной системы;
- модели проблемы синтеза взаимодействия, на основе поликонцептуальной системной модели проблемы создания и использования телекоммуникационных систем.

Методы исследований. Указанные задачи решены на основе применения: общей теории систем, системотехники, теорий систем массового обслуживания, электросвязи, системного анализа, графов, множеств, методов представления знаний. При моделировании и анализе полученных моделей использовались современные информационные технологии и ПЭВМ.

Научная новизна работы. Научная новизна диссертационных исследований заключается в следующем.

1. Проведено моделирование ТКС на основе ее морфологического функционально-праксеологического описания. Получена математическая модель сети. Показано, что указанная модель есть система уравнений в виде зависимостей экономических и функциональных показателей качества сети от ее функциональных параметров и морфологических свойств, определяемых соответственно, структурной и функциональной моделями системы.

2. Произведено морфологическое функционально-праксеологическое описание проблемы создания и использования телекоммуникационной системы. Получены математические зависимости между показателями качества участников, а также зависимости указанных показателей и праксеологических показателей ТКС, на основании которых построена поликонцептуальная системная модель. Показано, что указанная модель обобщает описание проблемы и представляет собой размеченный оргграф, в качестве вершин которого выступают морфологические, функциональные и праксеологические элементы проблемы, а в качестве дуг – множество связей и операторов.

3. Проведено описание взаимодействия ТКС. Получены численные оценки ресурсов, формирующие пространство состояний ресурса. Установлено, что в результате взаимодействия ресурсы перераспределяются образуя подмножества ресурсов функционирования, приобретенного ресурса и затраченного на взаимодействие ресурса, которое в свою очередь есть объединение двух подмножеств, а именно подмножества переданного ресурса и подмножества совместно - используемых ресурсов. На основании проведенного ресурсного описания получена ресурсная модель взаимодействия двух ТКС. Показано, что вектор состояния ресурсов после взаимодействия связан с соответствующим вектором состояния ресурсов до взаимодействия посредством матрицы взаимодействия, которая имеет смысл матрицы перераспределения ресурсов.

4. Разработаны методы синтеза интеграции систем. Получены необходимое и достаточные условия интеграции ТКС. Показано, что необходимое условие состоит в том, что элементы матричного оператора взаимодействия, связывающие между собой релевантные ресурсы обеих

взаимодействующих систем должны быть отличны от нуля, а достаточное – в том, что интенсивность взаимодействия первой системы строго больше нуля, а интенсивность взаимодействия второй системы не строго больше нуля.

Практическая ценность работы. Разработанная методика синтеза интеграционного взаимодействия систем позволяет при проектировании и использовании на всех стадиях жизненного цикла интегрированных систем учесть требования участников в виде функционалов, связывающих показатели качества участников с праксеологическими показателями сети. Полученные правила взаимодействия субъектов в виде графов семантических сетей позволяют использовать их в качестве моделей представления знаний, а поликонцептуальную модель проблемы как формализацию предметной области при разработке систем автоматизированного проектирования интегрированных телекоммуникационных систем, что позволит повысить эффективность их создания и использования.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы обсуждались на Студенческой научно-практической конференции «VIII Всероссийские Туполевские чтения». г. Казань, 1998 г., Всероссийской научно-методической конференции «Проблемы высшего технического образования». – г. Казань, 1999 г, 6-ой международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь», Воронеж, 2000 г., Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении», Санкт-Петербург, 2000 г., «Международной конференции по телекоммуникациям», Санкт - Петербург, 2001 г.

Реализация результатов работы. Теоретические и практические результаты диссертации использованы в Управлении Государственного надзора за связью Республики Татарстан при разработки концепции и программы развития широкополосных сетей связи интегрального обслуживания в крупных городах республики; в ОАО «ТВТ» при разработке проекта широкополосной системы интегрального обслуживания на основе гибридных оптоволоконно - коаксиальных сетей. Также результаты диссертационных исследований используются в учебном процессе КГТУ им. А.Н. Туполева.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 печатных работ.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Она изложена на _____ страницах, содержит _____ рисунков, список использованных источников из _____ наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во Введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследований и основные результаты диссертационной работы.

Первая глава посвящена вопросам обоснования актуальности и постановки задачи диссертационных исследований.

Предложено определение интеграции. Сформулированы требования к интегрированным ТКС. Рассмотрены различные варианты построения указанных сетей и особенности их создания.

Установлено, что на всех этапах жизненного цикла ТКС требования к ней определяют четыре участника, а именно: потребитель информации, информационный ресурс, администрация связи и оператор связи. Показано, что учет противоречивых требований всех участников к сети порождает проблему создания и использования ТКС. Для решения проблемы необходимо произвести ее описание на основании которого построить системную модель.

Проведен анализ существующих методов исследования взаимодействия ТКС. Сделан вывод о необходимости использования метода морфологического функционально - праксеологического описания систем и проблем их создания. Сформулирована задача диссертационных исследований, заключающаяся в разработке методов синтеза интеграционного взаимодействия телекоммуникационных систем на основе МФП модели проблемы ее создания и использования. В формальном виде задача диссертации имеет следующий вид:

$${}_1\mathcal{E}_{opt}^* = \max_{{}_1\mathcal{S}^*} {}_1\mathcal{E}^*({}_1\Psi^*, {}_2\Psi^*) / {}_2\mathcal{E}^* \geq {}_2\mathcal{E},$$

где ${}_i\mathcal{E} = {}_i\mathcal{E}({}_i\Psi)$ – эффективность системы до взаимодействия, ${}_1\mathcal{E}^* = {}_1\mathcal{E}^*({}_1\Psi^*, {}_2\Psi^*)$, ${}_2\mathcal{E}^* = {}_2\mathcal{E}^*({}_2\Psi^*, {}_1\Psi^*)$ – эффективность соответствующих систем после взаимодействия, ${}_1\Psi$ и ${}_2\Psi$ – морфологическое функционально - праксеологическое описание соответствующей ТКС.

Для решения указанной задачи необходимо решить следующие частные задачи, заключающиеся в разработке:

- модели телекоммуникационной системы, на основе ее морфологического функционально - праксеологического описания;
- поликонцептуальной системной модели проблемы создания и использования телекоммуникационных систем на основе полученной модели системы;
- модели взаимодействия телекоммуникационных систем на основе модели телекоммуникационной системы;
- модели проблемы синтеза взаимодействия, на основе поликонцептуальной системной модели проблемы создания и использования ТКС.

Вторая глава посвящена построению поликонцептуальной системной модели проблемы.

Получена модель ТКС, на основе ее морфологического функционально-праксеологического (МФП) описания. Морфологическое описание включает в себя описание элементов системы, связей между ними и является декомпозицией системы в пространстве, с образованием морфологических иерархий элементов. Под морфологическим элементом (подсистемой) на каждом иерархическом уровне понимаются те части системы, внутри которых не распространяется морфологическое описание. Все морфологические

элементы ТКС делятся на две группы: элементы сосредоточенные в пространстве и элементы распределенные в пространстве.

На первом уровне морфологической декомпозиции выделено три элемента (подсистемы): **абонентская сеть, групповой канал (транзитная сеть или транспортная магистраль) и управитель**. Первые два элемента относятся к группе элементов сосредоточенных в пространстве, а третий – к группе элементов распределенных в пространстве. На нижних уровнях иерархии деление элементов по критерию сосредоточенности в пространстве не проводилось.

Далее произведена декомпозиция абонентской сети, группового канала и управителя и на каждом уровне получены морфологические связи между элементами.

Функциональное описание определяет параметры и функции системы, а также ее входы и выходы (интерфейсы входа/выхода).

Под функцией понимается действие, производимое объектом для преобразование некоторого исходного или начального состояния (ситуации) в некоторый желательный конечный результат. Описание функций как «действий» объектов зависит от морфологического описания ТКС, то есть определяемые функции системы связаны с ее морфологическими элементами. В этом случае необходимо производить иерархическую декомпозицию функций исследуемой системы, причем уровни иерархии функций должны соответствовать уровням морфологической декомпозиции.

Определена функция сети нулевого уровня ТКС как осуществление обмена информацией независимо от ее вида. Аналогично получены функции для последующих иерархических уровней.

Каждая функция характеризуется некоторыми числовыми и нечисловыми параметрами. Для функций первого уровня параметры представлены в виде множества $\{\Pi_i^j\}$, где i – порядковый номер параметра, j – номер функции первого уровня. Получены соотношения, связывающие числовые параметры между собой и приведены характеристики нечисловых параметров. Произведена декомпозиция интерфейсов ввода/вывода системы.

Праксеологическое описание ТКС определяет показатели качества системы и ее услуги. Показатели качества характеризуют свойства системы применительно к ее назначению. Различают функциональные и экономические показатели качества. Функциональные показатели качества характеризуют свойства, полезные в смысле прямого назначения системы, его функций, а экономические – это финансовые затраты, предназначенные для придания системе необходимых ей качеств.

При праксеологическом описании ТКС выделены показатели качества, характеризующие качество доставки информации от источника до адресата (показатели семантической прозрачности) и показатели качества, характеризующие задержку при обслуживании абонента с требуемым качеством (показатели временной прозрачности).

Множество показателей качества представлено в виде совокупности элементов $Q_i \in Q_{\text{ТКС}}$, где $Q_{\text{ТКС}}$ – множество показателей качества системы связи. Для указанных показателей качества получены выражения, связывающие их с параметрами и морфологическими свойствами сети.

На основе морфологического описания построена структурная модель первого уровня системы в виде топологического планарного графа, формализующего связи между элементами. Также получена функциональная модель ТКС в виде SADT диаграммы, устанавливающей соответствие функций сети с ее морфологическим описанием и интерфейсами ввода/вывода.

На основе праксеологического описания получена математическая модель сети связи с полным набором услуг, в виде соотношений (1–9), связывающих показатели качества с параметрами и морфологическими свойствами.

$$Q_3 \approx \exp \left[\frac{-2(^{13}\Pi_2)^2}{N^* - 2(^{13}\Pi_2)(1 - N^{*11}\Pi_6 / ^{12}\Pi_1)} \right], \quad (1)$$

$$Q_4 = ^{11}\Pi_{15} + ^{12}\Pi_7 + ^{13}\Pi_{10} + ^{13}\Pi_{11} + ^{13}\Pi_{12} + ^{13}\Pi_3, \quad (2)$$

$$Q_5 = \frac{h^{213}\Pi_{12}(1-\rho)[2h^{-13}\Pi_{12}(1-\rho)]}{3[h^{-13}\Pi_{12}2(1-\rho)]}, \quad (3)$$

$$Q_6 = \Phi \left[-\frac{^{11}\Pi_9 - B_a^*}{2\sigma[B_a]} \right], \quad (4)$$

$$Q_7 = \Phi \left[-\frac{^{12}\Pi_1 - B_r^*}{2\sigma[B_r]} \right], \quad (5)$$

$$Q_9 = \frac{^{13}\Pi_{12}2(1-\rho)}{h}, \quad (6)$$

$$\begin{aligned} Q_{10} = & \sum_{i=1}^{N_1^{(2)}} c z_{\text{терм}}^{(i)} (^{11}\Pi_{18}) + c z_{\text{АЛ}} (^{11}\Pi_{17}) ^{11}\Pi_{13} + \sum_{i=1}^{N_1^{(2)}} c z_{\text{сд}}^{(i)} (^{11}\Pi_9, ^{11}\Pi_{10}, ^{11}\Pi_{11}, ^{11}\Pi_{12}) + \\ & + \sum_{i=1}^{N_1^{(2)}} c z_{\text{пгк}}^{(i)} (^{12}\Pi_2, ^{12}\Pi_8, ^{12}\Pi_{10}) + \sum_{j=1}^{N_2^1} \sum_{i=1}^{N_2^{(2)}} c z_{\text{гм}}^{(ij)} (^{12}\Pi_9)_{ji} ^{12}\Pi_5 + \\ & + \sum_{i=1}^{N_2^{(2)}} c z_{\text{м}}^{(i)} (^{13}\Pi_{14}, ^{13}\Pi_8, ^{13}\Pi_9, ^{13}\Pi_4) + \sum_{i=1}^{N_2^{(2)}} c z_{\text{к}}^{(i)} (^{13}\Pi_{13}, ^{12}\Pi_3, ^{12}\Pi_2) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} Q_{11} = & \sum_{i=1}^{N_1^{(1)}} c z_{\text{св}}^{(i)} (^{11}\Pi_{11}, ^{11}\Pi_{13}, ^{11}\Pi_{16}, ^{11}\Pi_{17}) + \sum_{i=1}^{N_1^{(1)}} c z_y^{(i)} (^{13}\Pi_{13}, ^{13}\Pi_{14}, ^{13}\Pi_{16}) + \\ & + \sum_{i=1}^{N_1^{(1)}} c z_{\text{тс}}^{(i)} (^{12}\Pi_8, ^{12}\Pi_9, ^{12}\Pi_{10}, ^{12}\Pi_5, ^{12}\Pi_6, ^{12}\Pi_3) \end{aligned} \quad (8)$$

$$Q_{12} = z_{\text{св}}^n (^{11}\Pi_{17}), ^{11}\Pi_{13} + z_{\text{терм}}^n (^{11}\Pi_{18}), \quad (9)$$

где Q_i – соответствующие показатели качества, ${}^i\Pi$ – параметры, N^* – среднее значение числа заявок на обслуживание, где $h = ({}^{13}\Pi_4 + L) / {}^{13}\Pi_5$, H – длина заголовка пакета (фрейма), $\rho = N^* \frac{{}^{11}\Pi_6}{{}^{12}\Pi_1}$, B^* – математическое ожидание

требуемой скорости передачи абонентской сети, $\sigma [B_a]^2$ – среднеквадратическое отклонение требуемой скорости передачи абонентской сети, B_T^* – математическое ожидание требуемой скорости передачи транзитной сети, $\sigma [B_T]$ – среднеквадратическое отклонение требуемой скорости передачи транзитной сети, ${}_cz_{\text{терм}}^{(i)}$ – стоимость приобретения и монтажа i -го терминала пользователя, ${}_cz_{\text{АЛ}}^{(i)}$ – стоимость приобретения и монтажа i -й абонентской линии, ${}_cz_{\text{СД}}^{(i)}$ – стоимость приобретения и монтажа i -й сети доступа, ${}_cz_{\text{пгк}}^{(i)}$ – стоимость приобретения и монтажа i -го преобразователя группового канала, ${}_cz_{\text{гп}}^{(i)}$ – стоимость приобретения и монтажа i -й групповой линии, ${}_cz_{\text{м}}^{(i)}$ – стоимость приобретения и монтажа i -го мультиплексора, ${}_cz_{\text{км}}^{(i)}$ – стоимость приобретения и монтажа i -го коммутатора / маршрутизатора.

С учетом полученного обобщенного описания ТКС проведено системное описание проблемы создания и использования системы связи.

Рассмотрено морфологическое описание проблемы. В качестве морфологических элементов описаны праксеологические показатели ТКС, в виде множества показателей качества и услуг системы и показатели качества четырех участников. На основании указанных множеств и множества отношений между ними построена морфологическая модель проблемы в виде планарного размеченного графа, формализующего отношения показателей качества участников между собой и с праксеологическими показателями телекоммуникационной системы

Произведено функциональное описание проблемы. Сформулирована цель создаваемой системы в виде достижения экстремальных значений показателей качества всех участников посредством выбора соответствующих праксеологических показателей ТКС. Получены операторы проблемы в виде зависимостей показателей качества участников от праксеологических показателей системы связи, а также зависимости показателей качества участников друг от друга. Функциональные отношения показателей качества участников от праксеологических показателей сети связи записаны в виде:

$$\Delta U_o = \varepsilon \{U\} - \rho \mu_o, \quad (10)$$

где ΔU_o – функциональный показатель качества оператора связи, $\{U\}$ – множество услуг ТКС ε – коэффициент использования услуг, $\rho \mu_o$ – количество услуг предоставляемых до внедрения системы;

$$\Delta U_n = 1 / (\rho \mu_n - \varepsilon \{U\}), \quad (11)$$

где ΔU_n – функциональный показатель качества потребителя информации, $\rho \mu_n$ – требуемое количество услуг потребителя информации;

$$\Delta M_{\text{нр}} = \xi \varepsilon |\{U\}| - \rho m_{\text{нр}}, \quad (12)$$

где $\Delta M_{\text{нр}}$ – функциональный показатель качества информационного ресурса, ξ – коэффициент преобразования услуг, $\rho m_{\text{нр}}$ – количество предоставляемых информационных услуг до построения ТКС;

$$\Delta Z_0 = d_0 - (^*Z_0 + Q_{11} + l_{0Q} Q_{10}), \quad (13)$$

где ΔZ_0 – экономический показатель качества оператора связи, d_0 – доход от использования сети связи, *Z_0 – несетевые, по отношению к ТКС, расходы оператора, l_{0Q} – коэффициент приведенных затрат, распределяющий разовые расходы оператора на строительство ТКС, по всему ее жизненному циклу;

$$\Delta Z_{\text{нр}} = d_{\text{нр}} - (^*Z_{\text{нр}} + Q_{12}), \quad (14)$$

где $\Delta Z_{\text{нр}}$ – праксеологический показатель качества информационного ресурса, $d_{\text{нр}}$ – доход от использования ТКС, $^*Z_{\text{нр}}$ – несетевые, по отношению к ТКС, расходы информационного ресурса;

$$\Delta Z_{\text{п}} = d_{\text{п}} - Q_{12}, \quad (15)$$

где $\Delta Z_{\text{п}}$ – экономический показатель качества потребителя информации, $d_{\text{п}}$ – доход от использования сети связи.

Проведено праксеологическое описание проблемы. Сформулированы критерии эффективности в виде численной оценки достижения цели. Предложено под частными эффективностями понимать условную вероятность событий о том, что показатели качества соответствующего участника равны его экстремальным значениям, полученным в результате оптимального выбора значений праксеологических показателей сети связи с полным набором услуг. Обобщенная эффективность получается как вероятность произведения указанных событий, что в соответствии с теоремой умножения вероятностей представляется в виде произведения вероятностей этих событий, причем вероятность каждого следующего по порядку события вычисляется при условии, что все предыдущие имели место.

Построена поликонцептуальная системная модель проблемы создания и использования телекоммуникационной системы (ПСМП). Показано, что указанная модель обобщает МФП описание проблемы и представляет собой размеченный орграф, в качестве вершин которого выступают морфологические, функциональные и праксеологические элементы проблемы, а в качестве дуг – множество связей и операторов.

Третья глава посвящена вопросам моделирования взаимодействия ТКС.

Предложено описывать указанное взаимодействие на языке ресурсов. Ресурс системы – это элемент морфологического и функционального описания ТКС, изменение которого приводит к изменению соответствующего показателя качества системы. Ресурсом ТКС является ее элемент, связь, параметр, и для любой системы задается абстрактное множество ресурсов (абстрактный ресурс) $R = R_{\text{м}} \cup R_{\text{ф}}$, где $R_{\text{м}}$ – подмножество абстрактного множества ресурсов, определяемое морфологическим описанием, $R_{\text{ф}}$ – функциональным.

Абстрактный ресурс состоит из N элементов, т.е. $R = \{r_i / i = 1, N\}$, причем каждый элемент абстрактного ресурса принимает значение некоторой строковой (символьной) константы. Каждый элемент этого множества также

характеризуется и некоторым числовым значением – количеством ресурса (или состоянием ресурса), то есть каждому элементу r_i из множества R , ставится в соответствие некоторое число c_i из множества $C = \{c_i / i = 1, N\}$. Указанное множество C является множеством скаляров и называется множеством состояний, которое образует в некотором пространстве C вектор состояний.

Проведен анализ взаимодействия систем на основе ресурсного описания. Установлено, что в результате взаимодействия ресурсы перераспределяются образуя подмножества ресурсов функционирования, приобретенного ресурса и затраченного на взаимодействие ресурса, которое в свою очередь есть объединение двух подмножеств, а именно подмножества переданного ресурса и на подмножества совместно - используемых ресурсов. Такое распределение ресурсов эквивалентно тому, что пространство состояний C разбивается на некоторые подпространства.

Получена ресурсная модель взаимодействия двух ТКС.

В пространстве C имеем соответственно вектора состояния ресурсов 1-й системы до и после взаимодействия ${}_1C^0, {}_1C$, и аналогичные вектора 2-й системы ${}_2C^0, {}_2C$. Получено пространство $C^2 = C \times C$ с размерностью $N_{C^2} = 2N_C$.

В построенном, таким образом, пространстве введены векторы: $C^0 = \{{}_1C^0, {}_2C^0\}$, $C = \{{}_1C, {}_2C\}$, $C^0 = \{c_i^0\}$, $C = \{c_i\}$, причем

$$c_i^0 = \begin{cases} {}_1c_k^0, i = 1, N_C, k = 1, N_C \\ {}_2c_k^0, i = N_C + 1, \dots, 2N_C, k = 1, N_C \end{cases}$$

$$c_i = \begin{cases} {}_1c_k, i = 1, N_C, k = 1, N_C \\ {}_2c_k, i = N_C + 1, \dots, 2N_C, k = 1, N_C \end{cases}$$

На основании введенных обозначений получена ресурсная модель взаимодействия в виде:

$$C = AC^0$$

или

$$\begin{vmatrix} \{ {}_1C \} \\ \{ {}_2C \} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \langle a_{11} \rangle \langle a_{12} \rangle \\ \langle a_{21} \rangle \langle a_{22} \rangle \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \{ {}_1C^0 \} \\ \{ {}_2C^0 \} \end{vmatrix}, \quad (16)$$

где C – вектор состояния ресурсов после взаимодействия, C^0 – вектор состояния ресурсов до взаимодействия, A – матричный оператор взаимодействия.

На основе ПСМП проведено описание проблемы синтеза взаимодействия систем. Показано, что морфологическими элементами проблемы являются показатели качества субъектов и праксеологические показатели взаимодействующих систем до и после взаимодействия. Установлены связи показателей качества участников между собой и с праксеологическими показателями ТКС с учетом изменения последних в результате взаимодействия.

Сформулированы правила взаимодействия участников, определяемые отношениями между соответствующими показателями качества. Предложены модели сертификации, стандартизации и осуществления контроля лицензируемой деятельности и государственного надзора за связью. Для каждого из участников получены правила взаимодействия, формализованные в виде помеченного орграфа семантических сетей. Конъюнкция указанных графов образует правила взаимодействия всех участников проблемы.

Получено правило определения релевантного множества ресурсов. Показано, что релевантным множеством ресурсов ТКС по отношению к лицу принимающему решение (ЛПР) является такое множество ресурсов системы, изменение которых приводит к изменению соответствующих показателей качества ЛПР.

В четвертой главе произведена классификация взаимодействия ТКС.. Морфологическое взаимодействие подразделяется на: внутреннее, внешнее и нечеткое. Функциональное: стабильное, нестабильное детерминированное, нестабильное стационарное, нестабильное стохастическое, а праксеологическое: нейтралитет, содействие, симбиоз, содружество, коалиция, противодействие, строгое соперничество, нестрогое соперничество, интеграционное.

Установлен критерий внутреннего и внешнего взаимодействия. При внутреннем взаимодействии непосредственно взаимодействующие части первой и второй системы образуют подграф $g \in {}_1G \cup {}_2G$ – подграф взаимодействий.

Введена модель, описывающая внутренние взаимодействия двух систем:

$$\begin{cases} J(y, u) = J_1(y, {}_1u) + J_2({}_2y, {}_2u) \\ \begin{cases} \dot{{}_ix} = {}_iA {}_ix + {}_iB {}_iu + {}_iF({}_ix, {}_jx) \\ {}_iy = {}_iC {}_ix \end{cases} \end{cases}, \quad (17)$$

где ${}_ix$ – вектор количества ресурсов (числовых параметров системы) (${}_ix \in {}_i\Theta$, где ${}_i\Theta$ – множество предельных режимов, ${}_ix = \{C_{\phi}^{(i)}\}$); ${}_iu$ – вектор входов, определяемый из функциональной модели ТКС; ${}_iy$ – вектор выходов, также определяется из функциональной модели ТКС; ${}_iF({}_ix, {}_jx)$ – вектор функция взаимодействия i -й системы с j -й, задается как матрица $C = AC^0$; ${}_iA, {}_iB, {}_iC$ – соответственно вещественная матрица состояний, входная и выходная, определенных размерностей; $t \in \tau \subset [t_0, \infty]$; ${}_ix(t_0) = {}_ix_0$, ${}_iy(t_0) = {}_iy_0$.

Степень внутреннего взаимодействия систем оценивается с помощью критерий ε – слабости перекрестных связей. Для момента времени $t \in \tau$ получено выражение:

$${}_i\varepsilon \leq \|{}_iy(t) - {}_iy_0\|. \quad (18)$$

Некоторое малое ε характеризует такое взаимодействие i -й системы с j -й, которым можно пренебречь. В этом случае степень внутреннего взаимодействия систем определяется по следующему выражению:

$${}_i\lambda = \frac{\|{}_iC\|{}_iP\|{}_iP^{-1}\|{}_i\rho}{|{}_i\chi({}_iA_p^\varepsilon)|}, \quad (19)$$

где ${}_iA_p^\varepsilon = ({}_iP^{-1}{}_iA{}_iP + ({}_iP^{-1}{}_iA{}_iP)^*)/2$; ${}_iP$ – матрица преобразования базиса, $({}_iP^{-1}{}_iA{}_iP)^*$ – эрмитово-сопряженная матрица; ${}_i\rho = \max\|{}_iF({}_1x, {}_2x)\|$, при ${}_ix \in {}_i\Theta$; ${}_i\chi({}_iA_p^\varepsilon)$ – наибольшее собственное значение матрицы ${}_iA_p^\varepsilon$.

Если ${}_i\lambda \leq \varepsilon$, то соответственно системы обладают ε – слабыми связями и их внутренним взаимодействием можно пренебречь.

Введено определение интеграции на основании понятия интенсивности взаимодействия:

$${}_1\xi = \frac{\delta_1 \Xi[{}_2\Xi]}{\delta_2 \Xi} \text{ и } {}_2\xi = \frac{\delta_2 \Xi[{}_1\Xi]}{\delta_1 \Xi}, \quad (20)$$

где ${}_i\Xi$ – эффективность соответствующей ТКС.

Интеграция есть взаимодействие систем, в результате которого эффективность одной из них улучшается, а эффективность другой – не ухудшается. С использованием введенных обозначение интеграционное взаимодействие должно отвечать следующему критерию:

$${}_1\xi > 0, {}_2\xi \geq 0. \quad (21)$$

Получено релевантное множество функциональных и морфологических ресурсов ТКС для взаимодействующей пары субъектов оператор связи – потребитель информации, где в качестве ЛПР выступает оператор связи.

Определено необходимое условие интеграции ТКС, которое состоит в том, что элементы матричного оператора взаимодействия, связывающие между собой релевантные ресурсы обеих взаимодействующих систем должны быть отличны от нуля. Также определено достаточное условие интеграции, заключающееся в том, что интенсивность взаимодействия первой системы строго больше нуля, а интенсивность взаимодействия второй системы не строго больше нуля.

Показано, что при интеграционном взаимодействии двух систем возникает внутреннее морфологическое взаимодействие, значение критерия ε – слабости, перекрестных связей при внутреннем взаимодействии должно быть строго больше нуля, а также, что при интеграционном взаимодействии двух систем рост функционально показателя качества оператора связи приводит к росту функционального показателя потребителя информации и наоборот. Разработан алгоритм синтеза интеграционного взаимодействия ТКС.

Рассмотрена интеграция ТКС в виде реализации сетей связи с полным набором услуг на основе гибридных оптоволоконно-коаксиальных сетей. Предложено три варианта построения таких сетей и рассмотрена их

обобщенная архитектура. Показано, что в этом случае транзитная сеть декомпозируется на два иерархического уровня: главная транзитная сеть и транзитная сеть нижнего уровня. Проанализированы возможные затраты на различные варианты построения гибридной сети в виде значений экономического показателя качества оператора связи, полученного на основе модели проблемы синтеза интеграционного взаимодействия ТКС (см. табл. 1).

Таблица 1.

	Первый вариант	Второй вариант	Третий вариант
Затраты на оборудование, у.е.	500	100–150	15–40
Затраты на работу, у.е.	1500	60–80	10–20
Всего, у.е.	2000	160–230	25–60
Ежемесячные расходы на эксплуатацию, у.е.	3	0,5	0,2
Ежемесячная абонентская плата, у.е.	15	10	0,5–1
Примерный срок окупаемости, лет	14	1,5 – 2	2,6 – 6,5

С учетом изложенных особенностей разработан проект концепции городской гибридной сети связи с полным набором услуг. Показано, что имеет место иерархия участников, подчиняющаяся иерархии самой сети. Установлено, что такие участники как информационный ресурс, оператор связи и администрация связи имеют три уровня иерархии (городской, районный и микрорайонный), а потребитель информации только один – микрорайонный уровень.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации, показывающие, что в работе решены задачи, заключающиеся в разработке поликонцептуальной системной модели проблемы создания и использования сети связи с полным набором услуг на основе полученной модели сети; концепции сети связи с полным набором услуг, устанавливающей правила взаимодействия участников между собой на основе исследования полученной поликонцептуальной системной модели проблемы.

На основе анализа полученных результатов сделан вывод о том, задача диссертационной работы, заключающаяся в разработке методов синтеза интеграционного взаимодействия телекоммуникационных систем на основе морфологической функционально - праксеологической модели взаимодействия, решена.

Приложения содержат акты об использовании результатов диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В диссертационной работе решены задачи, заключающиеся в разработке модели ТКС, на основе ее МФП описания; поликонцептуальной системной модели проблемы создания и использования ТКС (ПСМП) на основе

полученной модели системы; модели взаимодействия ТКС; модели проблемы синтеза взаимодействия ТКС, на основе ПСМП.

При этом получены следующие результаты:

1. Проведено моделирование телекоммуникационной системы, на основе ее морфологического функционально–праксеологического описания. Получена математическая модель системы. Показано, что указанная модель есть система уравнений в виде зависимостей экономических и функциональных показателей качества сети от ее функциональных параметров и морфологических свойств, определяемых соответственно, структурной и функциональной моделями ТКС. Это позволяет при известных требованиях к показателям качества ТКС определять параметры и структуру системы.

2. Произведено морфологическое функционально–праксеологическое описание проблемы создания и использования системы связи. Получены математические зависимости между показателями качества участников, а также зависимости указанных показателей и праксеологических ТКС, на основании которых построена поликонцептуальная системная модель. Показано, что указанная модель обобщает описание проблемы и представляет собой размеченный орграф, в качестве вершин которого выступают морфологические, функциональные и праксеологические элементы проблемы, а в качестве дуг – множество связей и операторов. Это позволяет формализовать связи между показателями качества участников и праксеологическими показателями сети связи и получить функционалы, подлежащие оптимизации.

3. Проведено описание взаимодействия ТКС. Получены численные оценки ресурсов, формирующие пространство состояний ресурса. Установлено, что в результате взаимодействия ресурсы перераспределяются образуя подмножества ресурсов функционирования, приобретенного ресурса и затраченного на взаимодействие ресурса, которое в свою очередь есть объединение двух подмножеств, а именно подмножества переданного ресурса и подмножества совместно - используемых ресурсов. Это позволяет построить модель взаимодействия ТКС.

4. На основании проведенного ресурсного описания получена ресурсная модель взаимодействия двух ТКС. Показано, что вектор состояния ресурсов после взаимодействия связан с соответствующим вектором состояния ресурсов до взаимодействия посредством матрицы взаимодействия, которая имеет смысл матрицы перераспределения ресурсов. Полученная модель взаимодействия позволяет произвести интеграцию систем

5. Проведено описание проблемы синтеза взаимодействия систем. Показано, что морфологическими элементами проблемы являются показатели качества субъектов и праксеологические показатели взаимодействующих систем до и после взаимодействия. Установлены связи показателей качества участников между собой и с праксеологическими показателями ТКС с учетом изменения последних в результате взаимодействия. Это позволяет формализовать связи между показателями качества участников и праксеологическими показателями сети связи и получить функционалы, подлежащие оптимизации при синтезе взаимодействия ТКС.

6. Определено необходимое условие интеграции ТКС, которое состоит в том, что разработаны методы синтеза интеграции систем. Получены необходимые и достаточные условия интеграции ТКС. Показано, что необходимое условие состоит в том, что элементы матричного оператора взаимодействия, связывающие между собой релевантные ресурсы обеих взаимодействующих систем должны быть отличны от нуля, а достаточное – в том, что интенсивность взаимодействия первой системы строго больше нуля, а интенсивность взаимодействия второй системы не строго больше нуля. Указанные условия позволяют разработать методику синтеза интеграционного взаимодействия ТКС.

Таким образом, задача диссертационной работы, заключающаяся в разработке методов синтеза интеграционного взаимодействия телекоммуникационных систем на основе морфологической функционально - праксеологической модели взаимодействия, решена.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОПУБЛИКОВАНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Карловский А.П., Урецкий Я.С., Царев Л.С. Интеграция системы позиционирования и диспетчеризации подвижных объектов в геоинформационную инфраструктуру пространственно - распределенных радиотехнических средств // Сборник тезисов докладов студенческой научно-практической конференции «VIII Всероссийские Туполевские чтения». г. Казань, 1998 г.
2. Урецкий Я.С., Царев Л.С. Телекоммуникационные системы. Учебное пособие. Казань: Издательство КГТУ, 1999 – 36с.
3. Урецкий Я.С., Стахов Е.А., Царев Л.С. Разработка учебных планов профильных дисциплин направления «Телекоммуникации», обеспечивающих непрерывное профессиональное образование на основе обобщенного иерархического описания телекоммуникационных систем. // Тезисы докладов Всероссийской научно-методической конференции «Проблемы высшего технического образования». – г. Казань, 1999 г. С. 100-101.
4. Урецкий Я.С., Стахов Е.А., Царев Л.С. Анализ взаимодействия учебных дисциплин в процессе подготовки бакалавров по направлению «Телекоммуникации» на основе интеграционного описания телекоммуникационных систем. // Тезисы докладов Всероссийской научно-методической конференции «Проблемы высшего технического образования». – г. Казань, 1999 г. С. 111-112.
5. Урецкий Я.С., Царев Л.С. Построение моделей и классификация взаимодействия телекоммуникационных систем на основе их иерархического описания. // Материалы 6-й международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь», Воронеж, 2000 г., Том 2., с. 765–774.

6. Царев Л.С., Валеев А.К. «Постановка задачи интеграции сложных технических систем на основе ресурсного описания их взаимодействия»./ Труды Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении», Санкт-Петербург, 2000 г., с. 187–189.
 7. Урецкий Я.С., Царев Л.С. «Использование системного описания для увязки учебных дисциплин, при многоуровневой подготовки по направлению телекоммуникационных систем (ТКС)»./ Труды Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении», Санкт-Петербург, 2000 г., с. 249–250.
 8. Урецкий Я.С., Царев Л.С. «Проблемы системософии»./ Научно-практический сборник «Электронное приборостроение», Казань, 2001 г. Выпуск 1 (17). с. 6–16.
 9. Царев Л.С., Урецкий Я.С., Купершмидт П.В. и др. Система передачи информации на подвижные объекты. Положительное решение от 23.04.2001 г. о выдачи свидетельства на полезную модель по заявке № 2001107540/20
 10. Царев Л.С., Урецкий Я.С., Купершмидт П.В. и др. Система определения местоположения подвижного объекта. Положительное решение от 23.04.2001 г. о выдачи свидетельства на полезную модель по заявке № 2001107544/20
 11. Урецкий Я.С., Валеев А.К., Царев Л.С. «Сети связи с полным набором услуг на основе поликонцептуальной системной модели ее создания и использования»./ Труды «Международной конференции по телекоммуникациям», Санкт - Петербург, 2001 г., с. 20-24.
 12. Урецкий Я.С., Валеев А.К., Царев Л.С. «Интеграция телекоммуникационных систем на основе обобщенного описания их взаимодействия»./ Труды «Международной конференции по телекоммуникациям», Санкт - Петербург, 2001 г., с. 24-28.
-

Формат 60x84 1/16. Бумага газетная. Печать офсетная.
Печ. л. 1,0. Усл. печ. л. 0,93. Усл. кр.-отт. 0,93. Уч.-изд. л. 1,0.
Тираж 100. Заказ 467/р 506

Типография Издательства
Казанского государственного технического университета
420111, Казань, ул. К. Маркса, 10

20